



## Vertikale Landbevægelser - Nye Data Til Effektiv Forvaltning

**Broge, Niels; Sørensen, Carlo Sass; Robenhagen Mølgaard , Mads; Fredenslund Levinsen, Joanna; Okkels, Nis; Knudsen, Per**

*Publication date:*  
2016

*Document Version*  
Peer reviewed version

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Broge, N. (Author), Sørensen, C. S. (Author), Robenhagen Mølgaard , M. (Author), Fredenslund Levinsen, J. (Author), Okkels, N. (Author), & Knudsen, P. (Author). (2016). Vertikale Landbevægelser - Nye Data Til Effektiv Forvaltning. Sound/Visual production (digital)

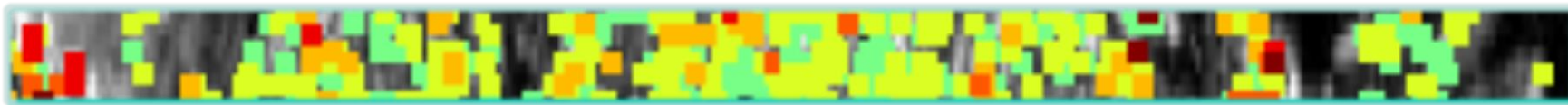
---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

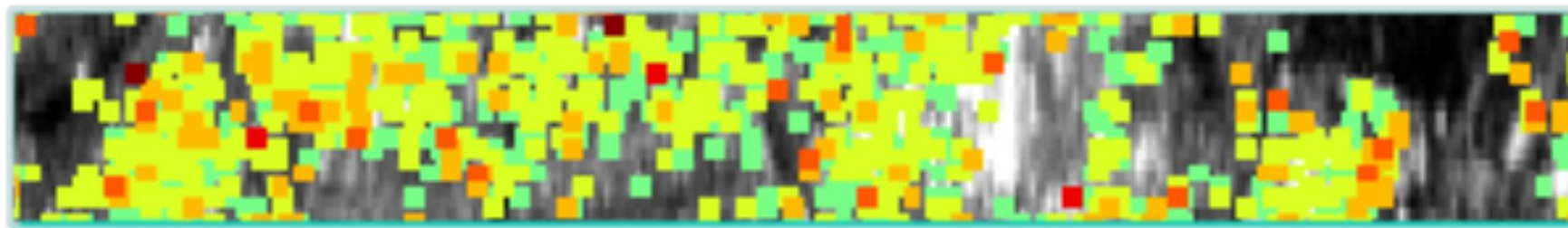
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



# VERTIKALE LANDBEVÆGELSER

## NYE DATA TIL EFFEKTIV FORVALTNING



Niels Broge | Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet | [nihbr@efkm.dk](mailto:nihbr@efkm.dk)

Carlo Sørensen | DTU Space & Kystdirektoratet | [carlos@space.dtu.dk](mailto:carlos@space.dtu.dk)

Mads Robenhagen Mølgaard | Geo | [mrm@geo.dk](mailto:mrm@geo.dk)

Joanna Fredenslund Levinsen | Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering

[jofle@sdfe.dk](mailto:jofle@sdfe.dk) | Nik Okkels | Geo | [nio@geo.dk](mailto:nio@geo.dk)

Per Knudsen | DTU Space | [pk@space.dtu.dk](mailto:pk@space.dtu.dk)

# Nøgleord

- Copernicus
- Sentinel-1 satellitterne
- Kortlægning af vertikal landbevægelse
- Anvendelser / Nytteværdi
- InSAR-PSI
- Case studies, forsyningssektoren – skrivebords-business cases
- Pilotstudier i Danmark
- Videre proces



**sentinel-1**



[copernicus.eu](http://copernicus.eu)



[esa.int](http://esa.int)



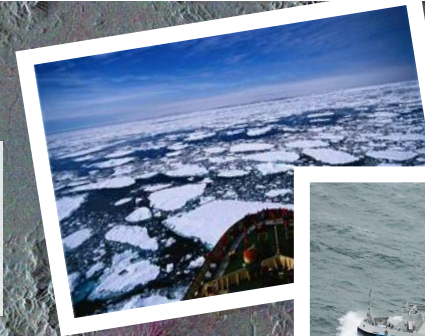


# Sentinel-1 anvendelser

European C-band radar mission providing routine day-and-night all-weather medium resolution observation capability

Applications include:

- Ice and Marine/Land Monitoring
- Maritime surveillance
- Terrain stability monitoring
- Emergency mapping for humanitarian aid in crisis situations



# Mange anvendelser... og hidtil kun få data

## **Klimatilpasning**

- Fremskrivning af terrænhøjder
- Input til oversvømmelsesmodeller
- Dokumentation af oversvømmelser / Kalibrering af oversvømmelsesmodeller
- Integration af klimaeffekter (havniveau, stormflod, grundvand, nedbør m.fl))

## **Forsyning**

- Identifikation af "hot spots"
- Prioritering af renoveringsarbejder på ledningsnet

## **Landbrug og miljø**

- Input til identifikation af årsager til vandlidende marker
- Input til identifikation af marginaljorde

## **Bygge- og anlægsarbejder**

- Overvågning af sætninger af broer, jernbaner og veje
- Overvågning af sætninger i byområder (f.eks. Metrobyggeri og grundvandshåndtering)

## **Geologiske forhold**

- Interpolationsgrundlag til kortlægning af prækvartæroverfladens geologi
- Input til identifikation af forkastningszoner
- Stabilitet af kystklinter & skrænter
- Detaljering af isostatisk landhævning (uplift-model) som en følge af sidste istid

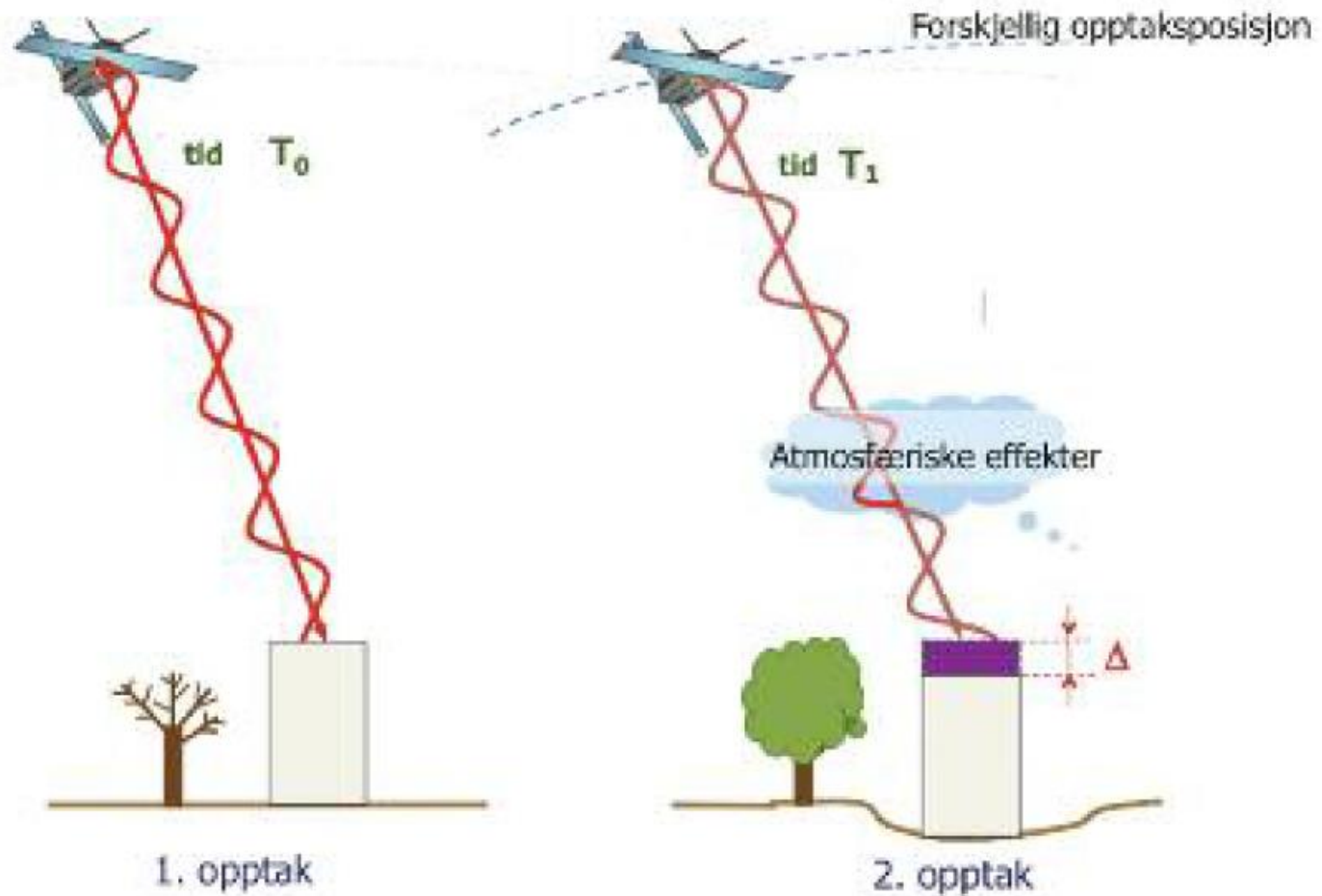


# Sentinel-1 data

- Tvillingesatellitternes (S-1A og S-1B) genbesøgelsesfrekvens = 6 dage;
- Pixelstørrelse = 5 x 20 m;
- Swath width = 250 km
- S-1 er kendetegnet ved en meget høj datakvalitet og en hidtil uhørt god tidslig opløsning... ideelle data til InSAR-PSI



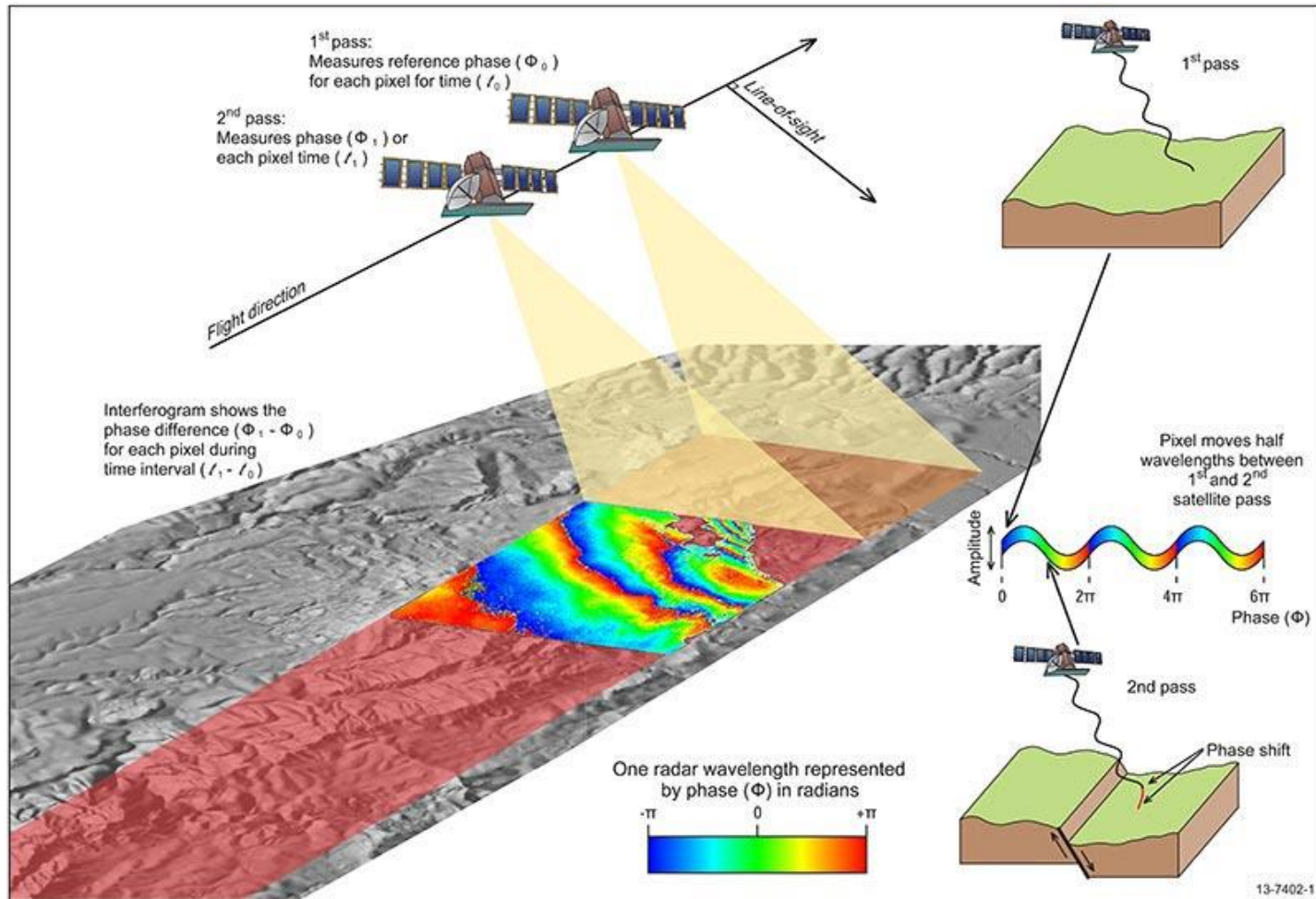
# Princippet bag InSAR (I)



Fra: NRS-rapport (2014)2, Norsk Rumcenter



# Princippet bag InSAR (II)



Fra: Den australske regering; Geoscience Australia (2016)



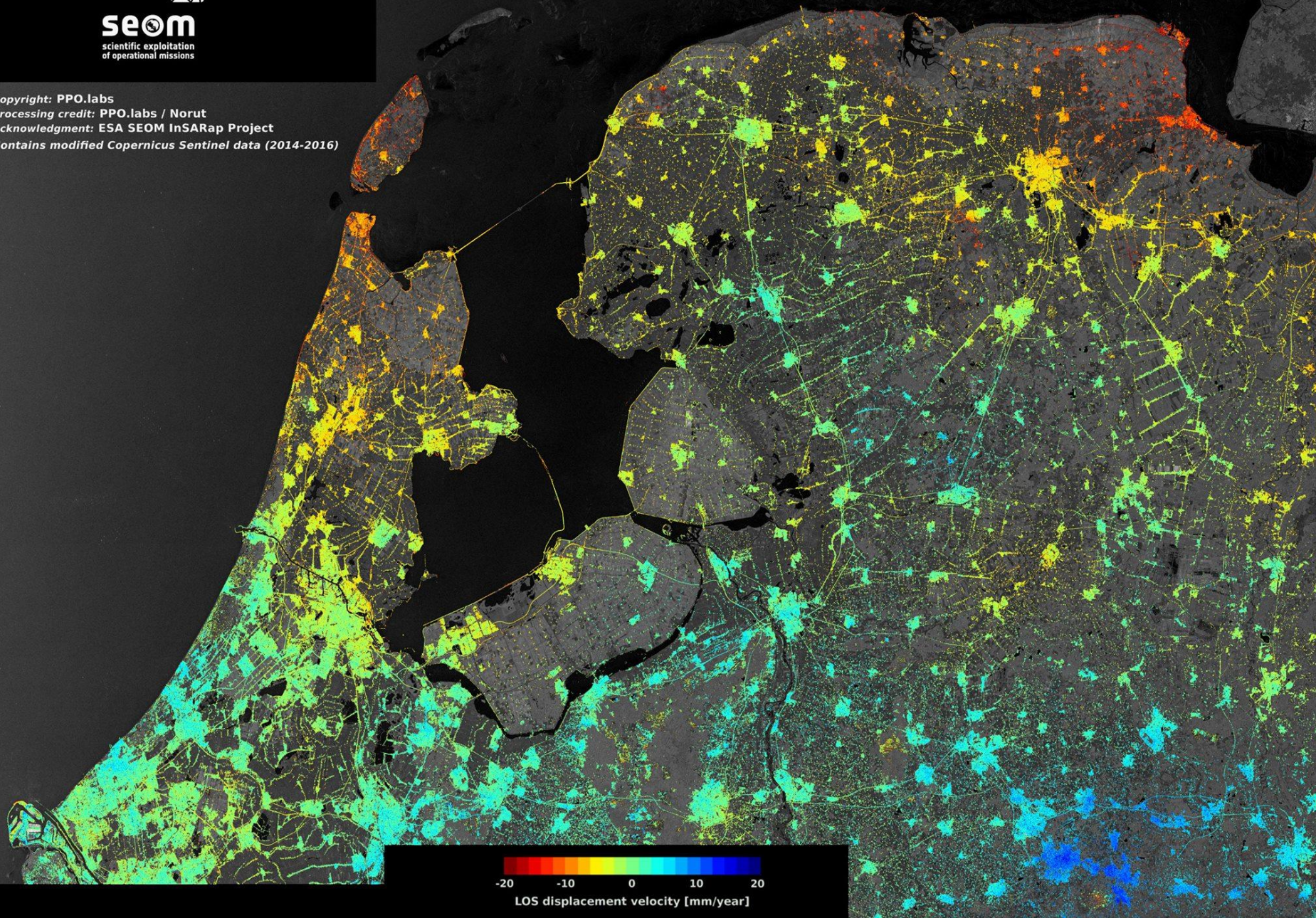
# Relativ vertikal landbevægelse beregnet vha. InSAR - PSI

Copyright: PPO.labs

Processing credit: PPO.labs / Norut

Acknowledgment: ESA SEOM InSARap Project

Contains modified Copernicus Sentinel data (2014-2016)

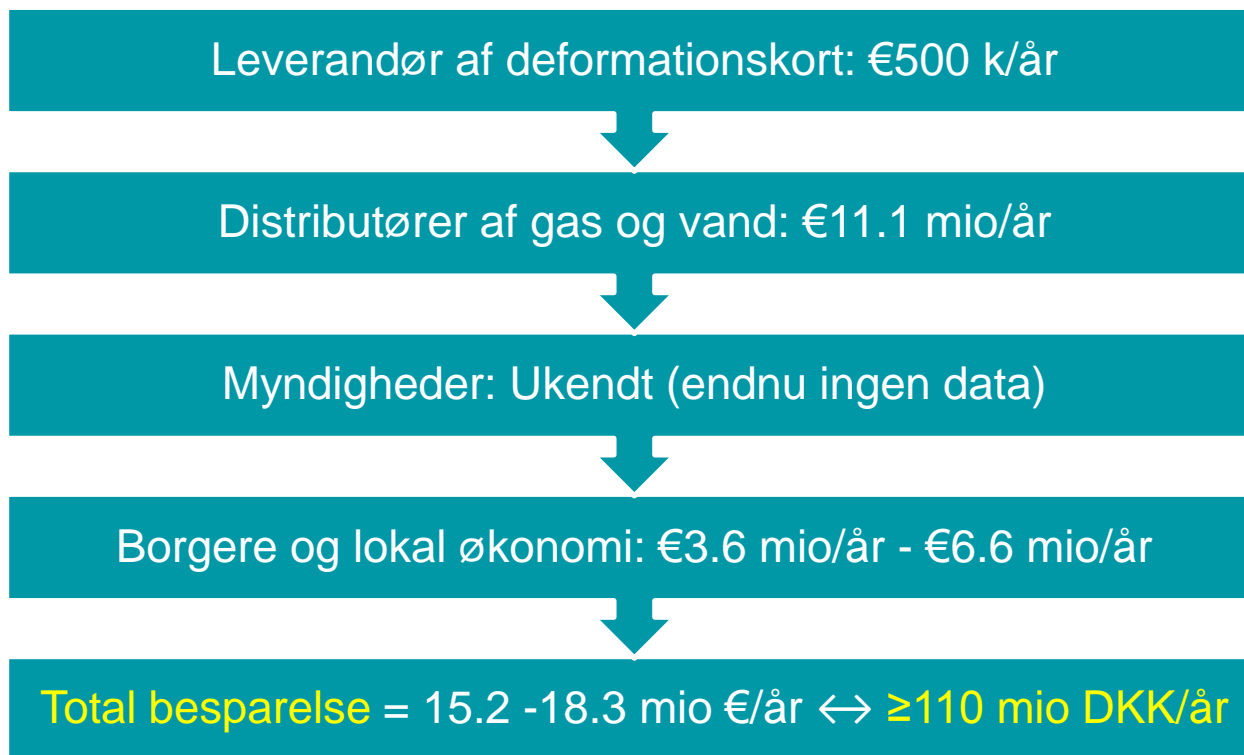




# Case-studium i Holland: Besparelspotentiale ved brug af InSAR til effektivisering i forsyningssektoren

Leverandører: Stedin ( $\frac{1}{4}$  af Hollands gasledninger)  
Oasen (vand; 750.000 personer + 7200 firmaer)

Besparelse:



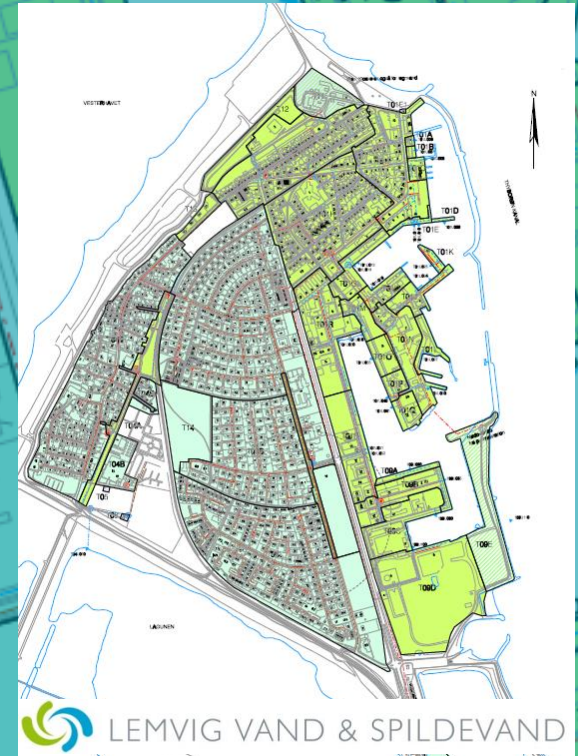
Det anslås i rapporten at ca. 30% af dette besparelspotentiale kan tilskrives anvendelse af Sentinel-1 beregninger som screeningsværktøj!

# Potentiale i dansk forsyningssektor?

»Hvis vi kan indarbejde troværdig information om, hvordan jorden sænker sig og tage det med i vores investeringsplaner for kloakrør, så kan vi fokusere vores renoveringsaktiviteter de steder, hvor det er mest nødvendigt og sikre et fungerende netværk af kloakker samtidig med, at vi reducerer omkostningerne til vedligeholdelse«

*Lars Nørgård Holmegård, Direktør*

*ESA Newsletter "Mapping that sinking feeling, 1. juni 2016.*

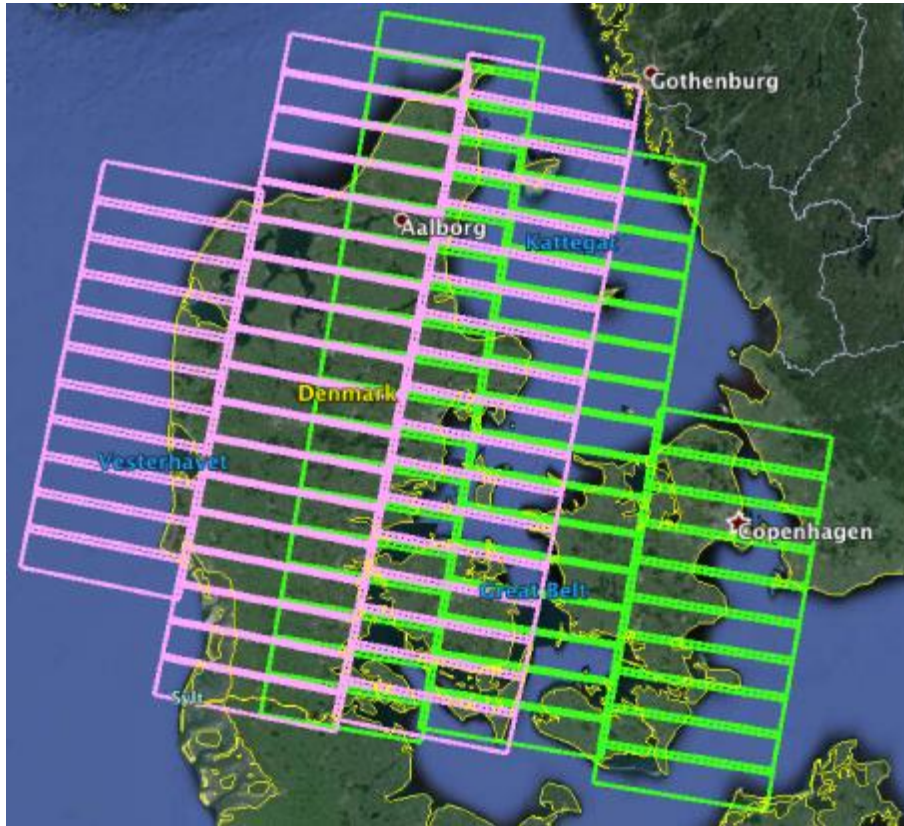


***Lavpraktisk arbejde hitter hos rumfarten***

Artikelloverskrift i De Bergske Blade 6. juni 2016

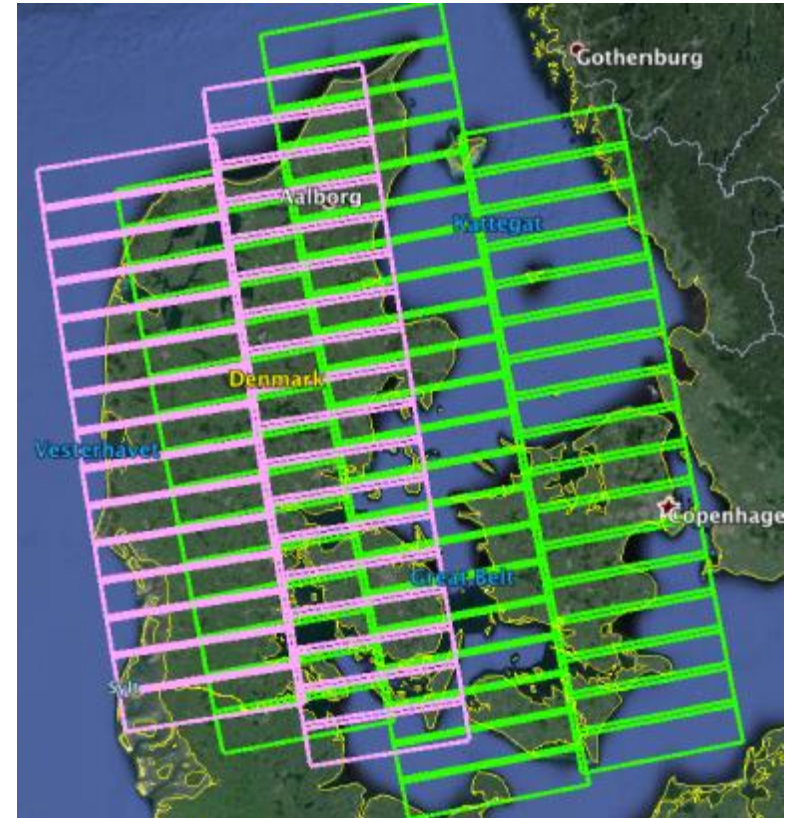


# Sentinel-1 data over Danmark (I)



Fuld dækning af Danmark med Sentinel-1  
(inklusiv dækning af Bornholm i separate 'tracks')

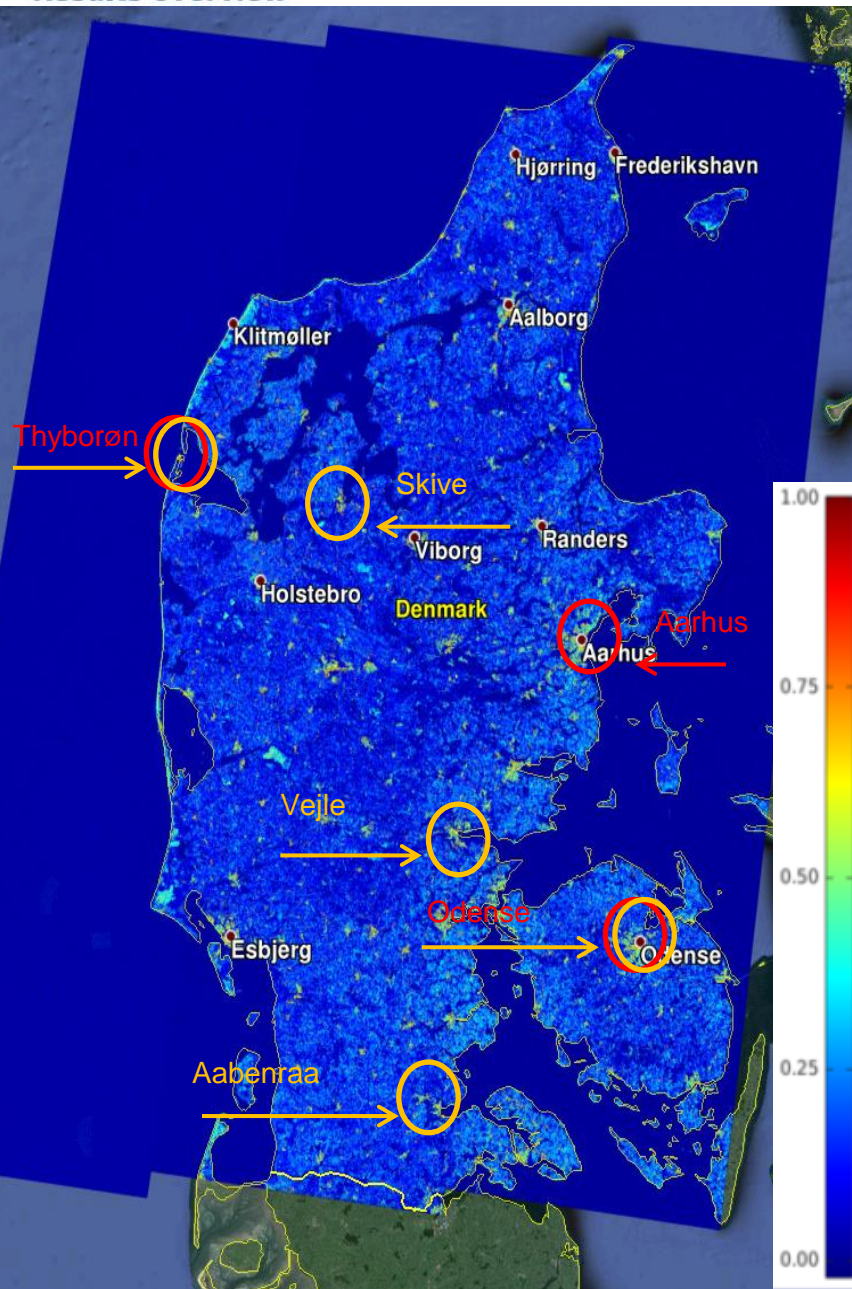
DESCENDING TRACKS: 66 & 139



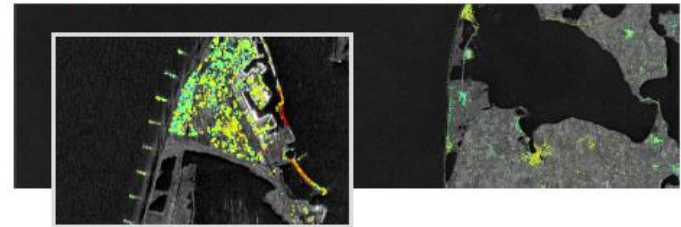
ASCENDING TRACKS: 44 & 117



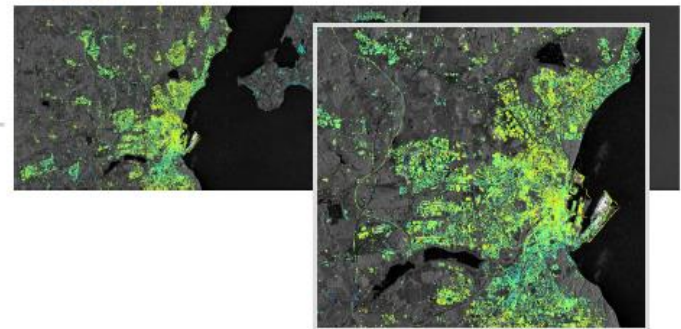
# Sentinel-1 data over Denmark (II)



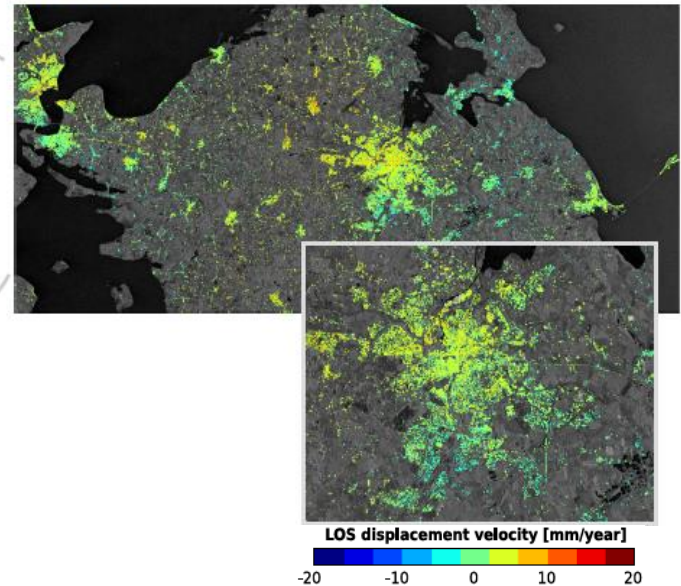
Thyborøn



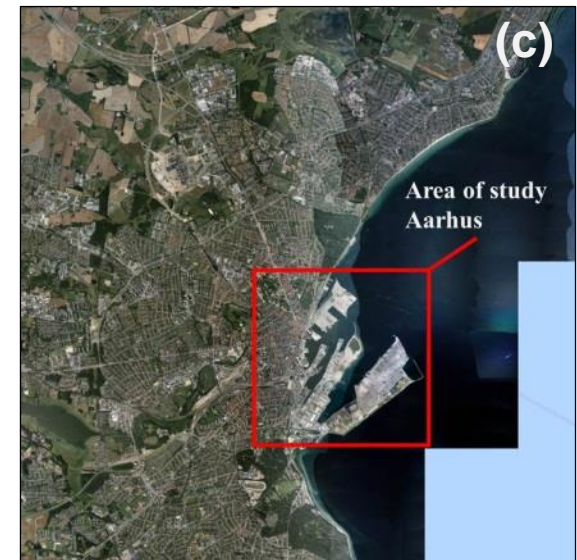
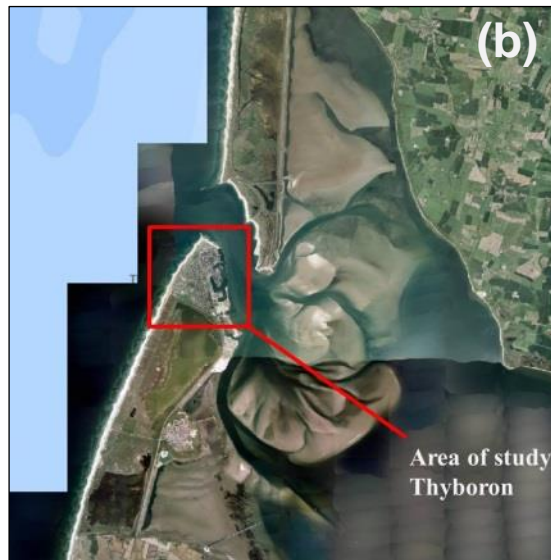
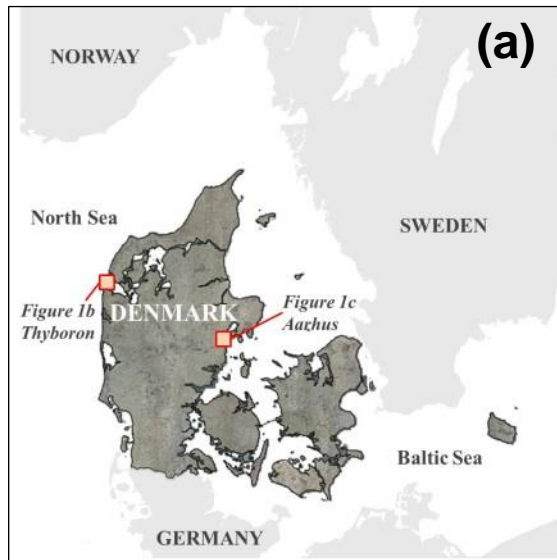
Aarhus



Odense



# Præsentation af danske testområder



THYBORØN – Fiskerby ved indsejlingen til Limfjorden; kraftig urbanisering siden 1950'erne på opfyldt fjordbund. Potentielt oversvømmelsestruet.

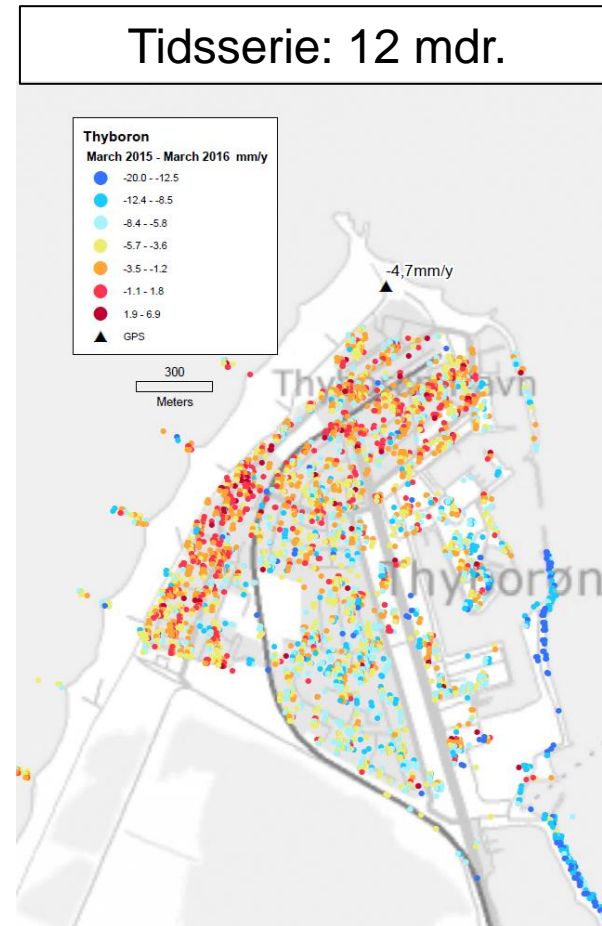
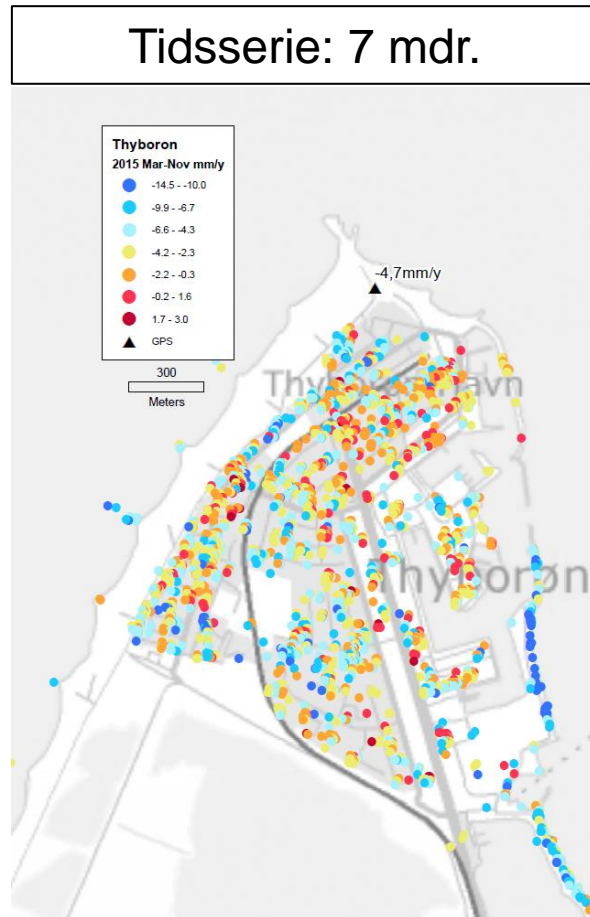
AARHUS HAVN – Østhavnen opfyldt og udbygget siden ca. 2000; giver mulighed for (fremadrettet) at følge potentielle sætninger af overflade og bygninger.





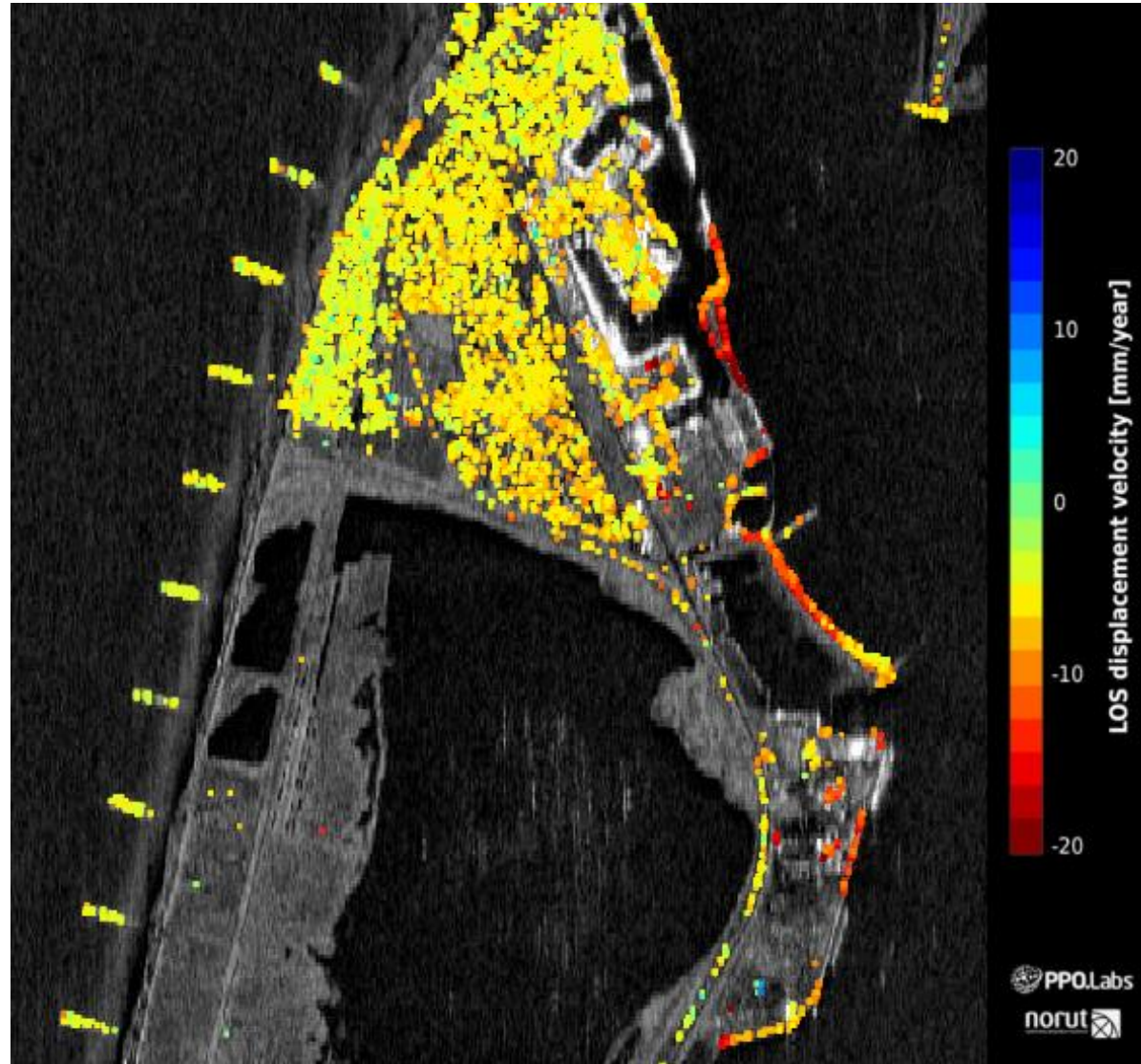
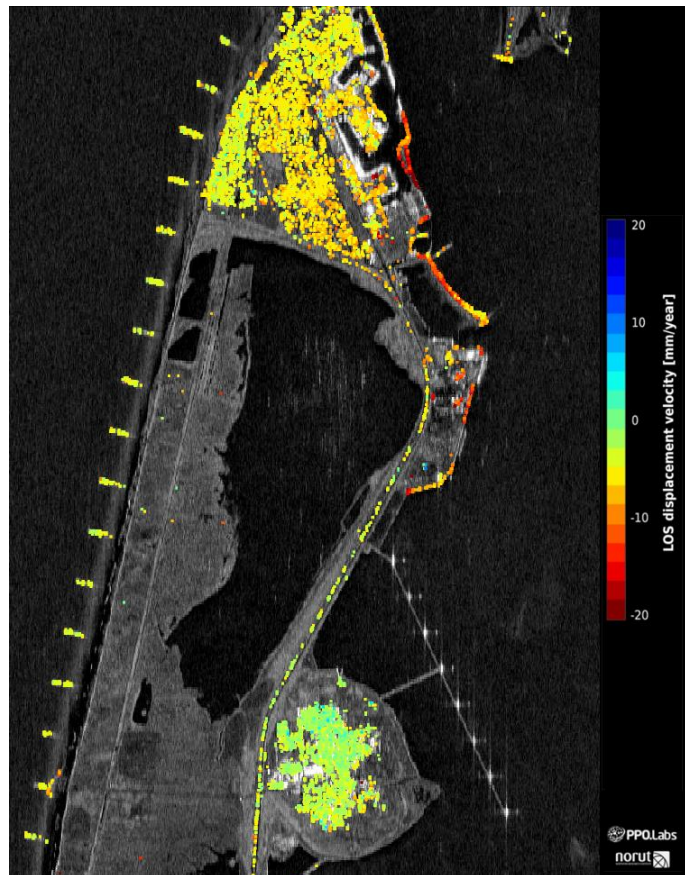


# Minimering af fejl/usikkerheder i S-1 data (I)



Det bemærkes at de beregnede vertikalbevægelser er relative!  
Der dannes et mere konsistent/entydigt billede af midlet vertikalbevægelse med den længere tidsserie.

# Minimering af fejl/usikkerheder i S-1 data (II)

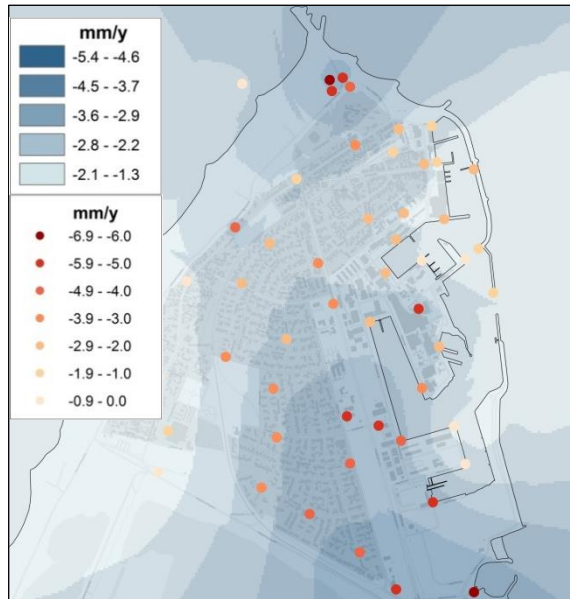


Dugfriske beregninger  
baseret på ~2 års data



# Vertikalbevægelse Thyborøn(I)

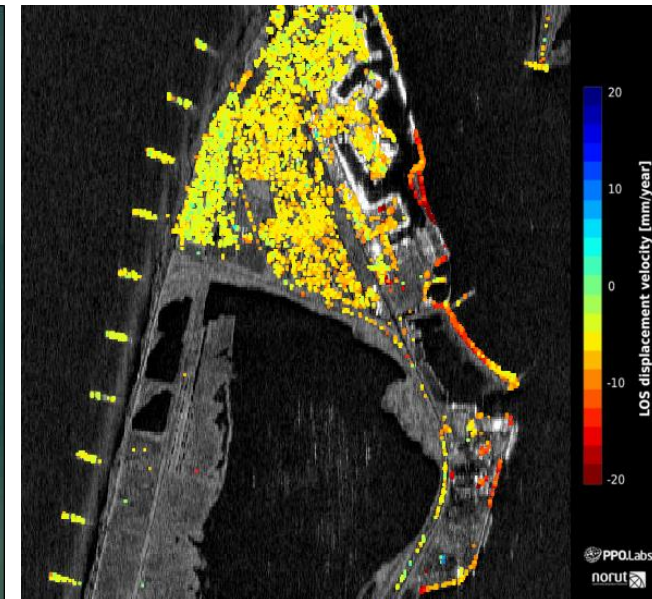
Præcisionsnivelement 2006-2015



ERS2 1996-2001



Sentinel-1 2015-2016



# Vertikalbevægelse Thyborøn (II)

Bundkoteændringer i kloakker 1970/1980-2012



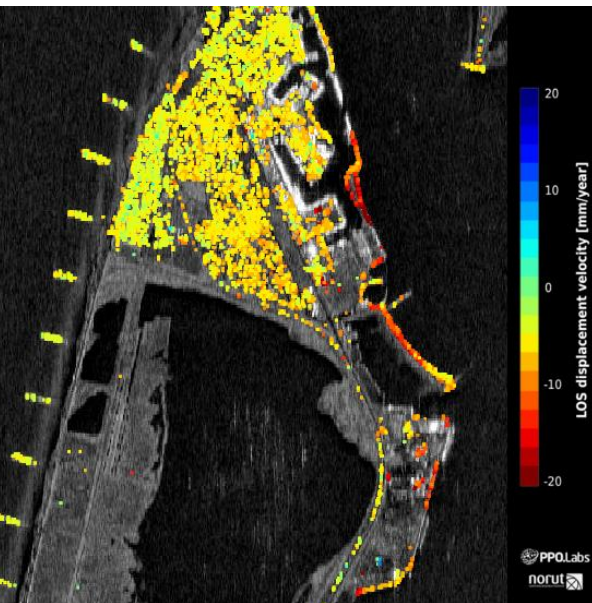
Slamophobning i kloakbrønd, Thyborøn

Vognsen et al (2013)

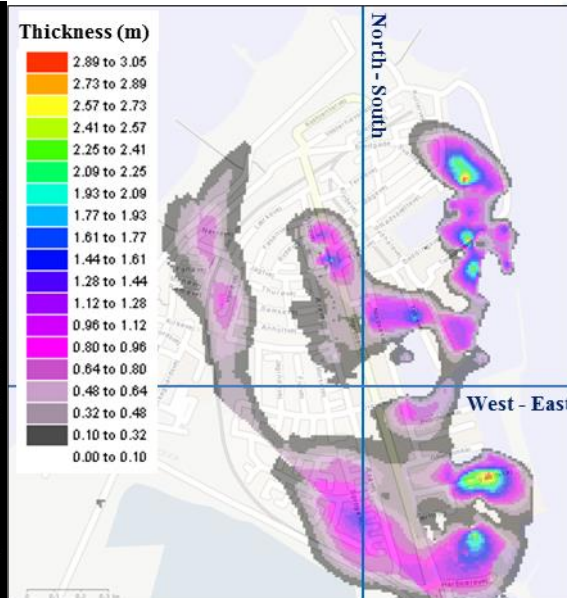


# Indledende tolkning Thyborøn

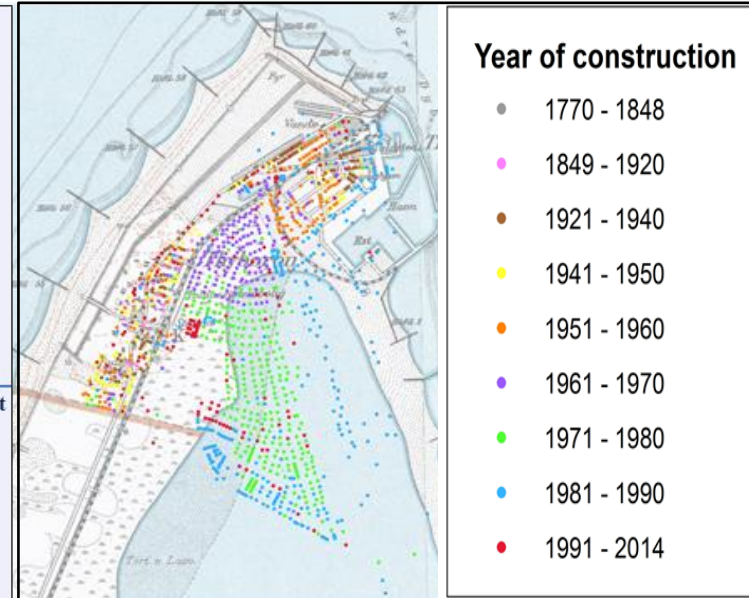
Sentinel-1 2015-2016



Tykkelse af gytjelaag

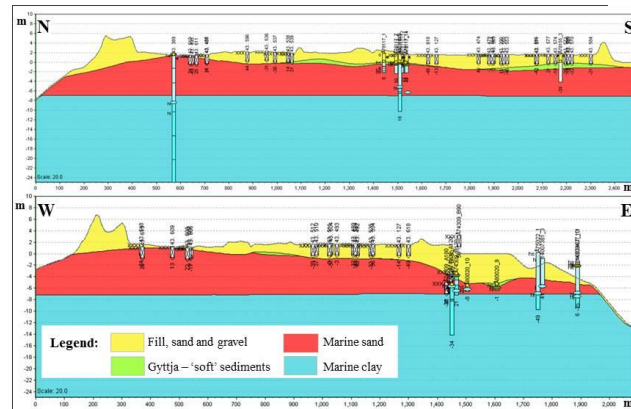


Udbygning af Thyborøn



Senest udbyggede område har tykkeste fyldlag over største mægtighed af gytje og udviser de højeste sætningsrater.

Andre bestemmende faktorer?



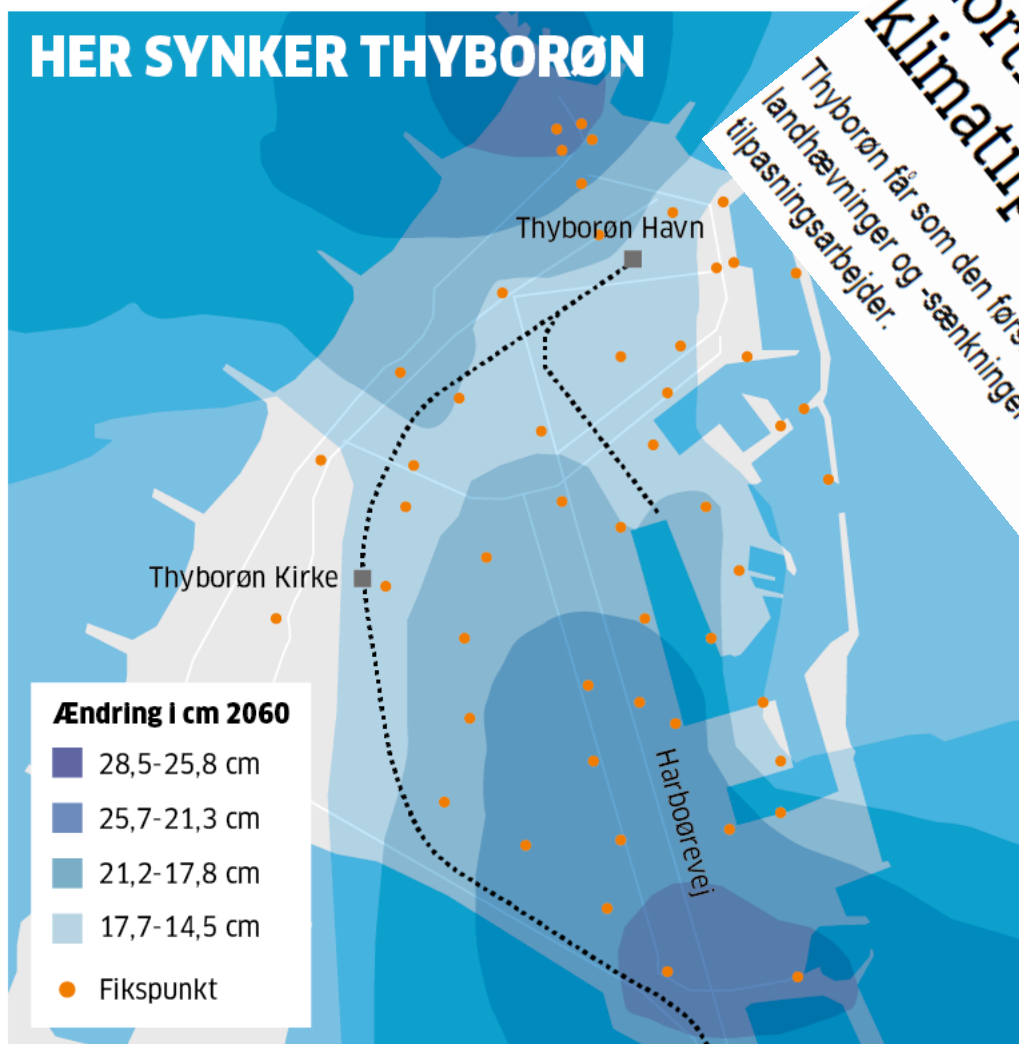
Geologiske profiler fra 3D model af digitaliserede geotekniske boringer.

Bygninger indtegnet på målebordsblad fra 1917



# Klimatilpasning - Thyborøn

Ingeniøren,  
24.marts 2016



**Kortlægning af jordbevægelser skal målrette klimatilpasningen**

Thyborøn får som den første by en komplet fremskrivning af de næste mange års landhævninger og -sænkninger. Det skal kommunen benytte i de lokale klimatilpasningsarbejder.

# Vertikalbevægelses – Aarhus Havn

(ERS2 95-01/ENVISAT 04-10) Præcisionsnivelement 2012-2015

Sentinel-1 2015-2016

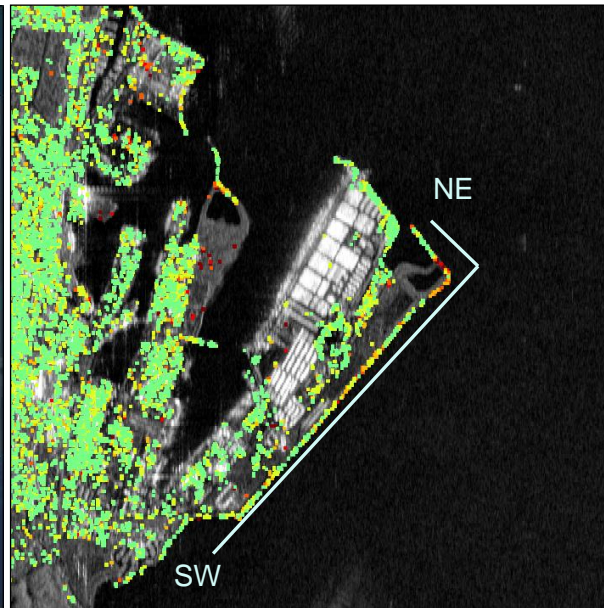




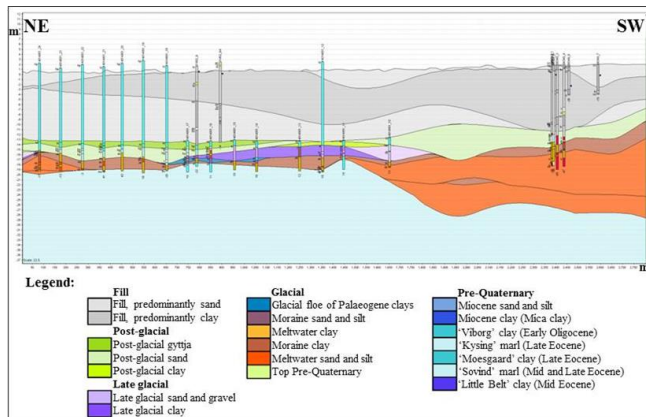
# Indledende tolkning Aarhus Havn

Præcisionsnivelement 2012-2015

Sentinel-1 2015-2016



“Hot spots” langs ydermolen.  
Vanskelig geologi.  
Begrænset antal PSI-punkter, men mulighed for monitoring af bygningsbevægelser (‘tilt’). Vigtig information!





# Update på datagrundlag

- Nivellement:
  - Historiske målinger og beregninger af koter findes for nogle fikspunkter - visse steder i landet
  - Data eksisterer sjældent på digital form, og metadata er ofte utilstrækkelige mht beskrivelse af opmålings- og beregningsmetoder
  - Datadækning er geografisk inhomogen
  - I visse (få) tilfælde mulighed for lange tidsserier, men med relativt få målinger
  - Ikke muligt at korrigere for f.eks. Årstidsvariationer i signalet
- GPS
  - Ringe nøjagtighed (z) opvejes delvist af høj sampling rate
  - Ringe geografisk datadækning (få permanente stationer)
- InSAR:
  - Historiske satellitdata (ERS SAR, Envisat ASAR) eksisterer kun for visse områder og kan kun anvendes til beregning af historiske vertikalbevægelser på lokal skala.
  - Sentinel-1A data udviser stort potentiale, men dataserier er endnu for korte.
  - Målinger af vertikal landbevægelse er (indtil videre) relative og har udfordringer i bl.a. tolkning men kan, sammen med øvrige metoder, skabe overblik over geografisk differentieret landbevægelse på nationalt niveau

# Konklusioner

- Anvendelsespotentialiet spænder over mange sektorer
- Sentinel-1 data stilles "gratis" rådighed under Copernicus programmet
- Sentinel-1 tilbyder egnede data i god kvalitet og uhørt høj tidslig opløsning
- InSAR-PSI teknologien kan frembringe vertikalhastigheder med uovertruffen geografisk dækning – særligt i byområder
- Der eksisterer p.t. ikke kompetencer i Danmark til beregning af vertikale landbevægelser fra radarsatellitter.
- Beregningerne er ikke trivielle - Prisleje: ca. 100.000 DKK for en provinsby
- I mange områder vil bevægelserne nok være ubetydelige; i andre områder har de stor betydning for planlægning og klimatilpasning
- Med S-1 baseret kortlægning forventes en økonomisk gevinst – som følger af et bedre datagrundlag til real-time monitoring og langsigtet planlægning
- Kortlægning af vertikale landbevægelser med S-1 kræver input fra potentielle brugere for at udfolde potentialt og skabe størst mulig værdi
- Lokale sætninger kan forstærke klimabidraget fra havstigning med en faktor 3, når hav og land pludselig mødes langt hurtigere end forventet.
- Viden om landbevægelse kan let integreres i kommunal og national planlægning
- Produktudviklingen SKAL være brugerdreven for at lykkes.

# Aktiviteter i 2016-2017

- SDFE gennemfører interessent- og behovsanalyse i 2017 for mulig etablering af operationel national kortlægning af vertikale landbevægelser.
- EFKM (v/ SDFE og DMI) gennemfører i 2017 analyse af rumområdet til at understøtte etablering af national ruminfrastruktur.
- SDFE & DTU Space lagrer alle Sentinel-1 optagelser over Danmark egnet som beregningsgrundlag.
- SDFE og Kystdirektoratet indkøber nye beregninger for 5 udvalgte testområder baseret på 2 års tidsserier af Sentinel-1 data.
- SDFE kontakter potentielle interessenter indenfor anvendelsesdomæner, f.eks. transport- & byggesektorerne.
- SDFE opsætter forsøgsmæssigt radarreflektorer på udvalgte lokaliteter til brug for kalibrering af beregningerne.
- EU-kommissionen gennemfører en **Copernicus informationsdag** for danske interessenter **torsdag d. 9.marts 2017 i Aarhus!**



# OPRÅB!

Kontakt *Joanna F. Levinsen*, SDFE, eller undertegnede hvis du

- kender til områder, der bør tjekkes for vertikale landbevægelser
- vil byde ind med ideer og visioner
- får tanker om brug, dataintegration og grafisk præsentation
- har penge tilovers
- vil vide mere - eller blot være vertikal landbevægelsesven!

**Joanna F. Levinsen:** [jofle@sdfe.dk](mailto:jofle@sdfe.dk)

**Niels Broge:** [nihbr@efkm.dk](mailto:nihbr@efkm.dk)



**Tak for opmærksomheden!**